

## Uso de geotecnologias para análise da dinâmica das áreas de citros e cana-de-açúcar nos últimos 26 anos na Bacia do Mogi-Pardo

Carlos Cesar Ronquim<sup>1</sup>  
Vitor Guilardi<sup>1</sup>  
Daniel Alves de Aguiar<sup>2</sup>  
Antoniane Arantes de Oliveira Roque<sup>3</sup>  
Bernardo Friedrich Theodor Rudorff<sup>2</sup>  
Mario Ivo Drugowich<sup>3</sup>  
Mauricio Alves Moreira<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Monitoramento por Satélite - CNPM/Embrapa  
CEP - 13070-115 - Campinas - SP, Brasil  
carlos.ronquim@embrapa.br  
vitor.guilardi@colaborador.embrapa.br

<sup>2</sup> Agrosatélite Geotecnologia Aplicada  
Rodovia SC 401, 4850, Loja E23/30, Saco Grande  
88032-001, Florianópolis, SC, Brasil  
{daniel, bernardo}@agrosatelite.com.br

<sup>3</sup> Coordenadoria de Assistência Técnica Integral- CATI  
Centro de Informações Agropecuárias - CIAGRO  
Av. Brasil, 2340 - Caixa Postal 96013070-178 – Campinas - SP, Brasil  
{antoniane, drugo}@cati.sp.gov.br

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -INPE  
Caixa Postal 515, CEP 12245-970 São José dos Campos, SP.  
mauricio@dsr.inpe.br,

**Abstract.** The objective of this study was to map the Mogi-Pardo river basin focusing on the dynamics of land use and land cover change at the sugarcane and citrus areas over the last 26 years. The study covers 51,700 km<sup>2</sup> at the north and northeast regions of the State of São Paulo. By investigating time series data from the MODIS sensor and interpreting images of the Thematic Mapper (TM) sensor, we evaluated the changes in land use and cover between the years 1988 and 2014. The mapping was based on images from Landsat 7's ETM+ sensor and images from Landsat 5's TM sensor. There was an expansion of sugarcane areas from a little over 1.0 million ha (21%) to about 2.2 million ha (44%), while areas used for citrus production decreased from 488,686 ha (9.5%) for 281,223 ha (5.4%). The number of citrus farms decreased from 15,392 to 11,638, while sugarcane farms increased from 21,121 to 30,884. Municipalities which previously produced mainly citrus, such as Bebedouro, Colina, Itápolis and Olímpia, became sugarcane producers, which caused their rural economy to be more dependent on the performance of the sugarcane industry. However, at the municipalities of Casa Branca, Conchal, Mogi Guaçu and Mogi Mirim (region 02), there was an expansion of citrus areas/annual crops. Some years are still necessary for an accurate assessment on whether the sector's low profitability and the expansion of the sugarcane industry will not cause restrictions to the expansion or the decrease in citrus areas at this region.

**Palavras-chave:** agriculture, remote sensing, image processing, agricultura, sensoriamento remoto, processamento de imagens.

### 1. Introdução

O Estado de São Paulo é o maior produtor de citros do país, com 72,7% de participação na produção nacional e área estimada em 501,8 mil ha (Conab, 2013). Nas últimas décadas, áreas tradicionalmente citrícolas foram substituídas pelo cultivo da cana-de-açúcar (Rudorff et al. 2010 e Adami et al. 2012). Essa mudança de perfil de produção agrícola vem ocorrendo

em algumas microrregiões paulistas que se caracterizavam como cinturões citrícolas e que atualmente se destacam entre os principais produtores de cana-de-açúcar. Na última safra foram erradicados 36,7 mil hectares de citros e 70% dessa área foram substituídas pela cana-de-açúcar e 15% pela soja e milho (Conab, 2013).

Nesse contexto, o monitoramento da expansão da cana-de-açúcar e da redução da área citrícola torna-se fundamental, por que em muitos municípios a citricultura é a principal responsável pela renda rural e desempenha papel relevante na geração de empregos diretos e indiretos, impostos, investimentos e consumo (Neves et al. 2010). Neste contexto as imagens de satélite, como os produtos disponibilizados a partir do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) apresentam potencial para este tipo de análise já que têm resoluções espacial, espectral e temporal compatíveis com o tamanho das lavouras (Rudorff et al. 2010). Séries temporais derivadas dos produtos MODIS são eficientes ferramentas para identificar processos de conversão do uso e cobertura da terra (Adami et al. 2012) e possibilitam associá-la mais diretamente aos fatores socioeconômicos.

Considera-se que os produtores de citros estão substituindo suas lavouras por cana-de-açúcar, por ser um produto de maior valor comercial, menor custo de produção e maior facilidade de cultivo, visto que as usinas dão todas as condições necessárias para a implantação dos canaviais. Considerando a importância do setor para o Estado de São Paulo e para a Bacia dos rios Mogi-Pardo, a principal região agrícola paulista o objetivo desse trabalho foi mapear a dinâmica da mudança de uso e coberturas das terras de citros para cana-de-açúcar em toda a Bacia do Mogi-Pardo e em alguns municípios nos últimos 26 anos.

## 2. Metodologia de Trabalho

A área da Bacia Mogi-Pardo abrange 51.727 km<sup>2</sup>, localizada a nordeste do Estado de São Paulo, correspondente a 20,5% da área estadual. Em toda a área da Bacia foi realizado o mapeamento do uso e ocupação somente das áreas de citros e cana-de-açúcar. Em oito municípios da Bacia realizou-se o mapeamento completo envolvendo os cultivos de cana-de-açúcar, citros, café, reflorestamento (eucalipto), pastagem e culturas anuais. Os municípios estudados localizam-se em duas regiões dentro da Bacia. A região 01 fica na parte leste e formada pelos municípios de: Bebedouro, Colina, Itápolis e Olímpia. A região 02 fica na parte sudeste e formada pelos municípios de: Casa Branca, Conchal, Mogi-Guaçu e Mogi Mirim.

Para o trabalho foram utilizadas séries temporais de imagens do produto *Enhanced Vegetation Index 02* (EVI2), geradas a partir dos dados do sensor MODIS. O mapeamento do uso e cobertura das terras foi baseado em imagens orbitais do ano de 1988 (Quartaroli et al. 2006) e 2014. O mapeamento foi baseado na abordagem híbrida de classificação, ou seja, na primeira etapa as imagens foram classificadas através da classificação automática, em que foi utilizado o algoritmo Maxver (máxima verossimilhança) e, na segunda etapa fez-se a interpretação visual, para corrigir erros de classificação. Este procedimento foi realizado por meio da Edição Matricial. O mapeamento permitiu quantificar e analisar a dinâmica espacial e temporal das duas principais atividades agrícolas na região que são cana-de-açúcar e citros.

Na sequência, os polígonos de expansão foram convertidos para uma grade regular com dimensão de 250x250 m, visando a integração com os dados MODIS. Esta grade regular foi amostrada sistematicamente, com uma taxa de amostragem de 1%. Para cada elemento amostrado o comportamento dele no período foi analisado por uma série temporal de EVI2 e também de imagens do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat-5 disponíveis para a região de estudo no ano de 2014. Desta forma, o perfil do comportamento espectral dos elementos amostrados foi obtido através da série temporal, o que permitiu identificar a mudança do uso e cobertura das terras.

O estudo estatístico da realidade passada e presente da Bacia foram realizados utilizando-se dados do Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária do Estado de São Paulo (LUPA), dos anos de 1995 e 2014 (parcial). Os dados contidos nestes, referem-se às informações agropecuárias das Unidades de Produção Agropecuárias (chamadas no presente trabalho de UPAs).

### 3. Resultados e Discussão

Entre 1988 e 2014, o plantio de cana-de-açúcar saltou de 21% para 44% da cobertura da terra na Bacia do Mogi-Pardo. A expansão foi de pouco mais de 1,0 milhão para cerca de 2,2 milhões de hectares, enquanto as áreas dedicadas à citricultura reduziram-se de 488.686 ha (9,5 % de toda a Bacia) para 281.223 ha (5,4 % de toda a Bacia) (Figura 1). Através da observação dos dois mapas da Figura 1, é possível observar duas regiões em que o cultivo de citros é maior. O polo situado mais a Oeste (região 01), onde se localizam os municípios de: Bebedouro, Colina, Itápolis e Olímpia. O outro polo formado é mais a Sudeste (região 02), onde se localizam os municípios de Casa Branca, Conchal, Mogi Guaçu e Mogi Mirim.

Em todos os quatro municípios da região 01 enormes áreas citrícolas foram tomadas pelos canais que atualmente ocupam cerca de 50% ou mais da área desses municípios (Figura 2). Esses municípios que antes se destacavam pela produção citrícola podem ser considerados atualmente municípios canavieiros. A área desses municípios se divide quase que exclusivamente no cultivo da cana-de-açúcar e da citricultura. Não ocorreu a diversificação para outro tipo de cultura e as antigas áreas dedicadas à produção de grãos e pastagem também foram tomadas pela cana-de-açúcar. Atualmente a economia rural dos municípios está muito mais dependente do desempenho do setor sucroenergético e as áreas de cana-de-açúcar estão uniformizando a paisagem rural.

Na região 02, o único município com aumento expressivo da área de cana-de-açúcar foi Casa Branca que possui atualmente 20,7 % da área do município ocupada com a cultura, entretanto a área citrícola se expandiu nos quatro municípios, com destaque para Mogi Mirim que apresentou aumento 116 % na área cultivada com citros (Figura 3). O retorno financeiro favorável da diversificação do uso e ocupação da terra, tal como, o cultivo intensivo e irrigado de grãos e olerícolas em Casa Branca e reflorestamentos com eucalipto em Mogi Guaçu (Figura 3) permitem aos proprietários rurais permanecerem em suas atividades agrícolas e proporcionam uma diversidade agrícola maior da paisagem. Esse fator fez com que o avanço da cana-de-açúcar ocorresse mais lentamente e em menor quantidade o que inviabilizou a instalação de unidades do setor sucroenergético enfraquecendo a pressão pela aquisição de áreas agrícolas.

A área citrícola do Estado, cerca de 500 mil hectares (Conab, 2013), é semelhante ao tamanho da área ocupada com citros há 26 anos na região de estudo (Figura 1). Entretanto, a quantidade produzida vem se mantendo mesmo com uma menor área cultivada. Isto se deve a adoção de técnicas de manejo que aumentaram a produtividade. Entre as novas técnicas de manejo adotadas está o adensamento nos novos plantios, a maior adoção da irrigação e a produção de mudas de maior qualidade em viveiros certificados (Conab, 2013). Dados obtidos para a Bacia do Mogi-Pardo a partir dos levantamentos do LUPA (2014) mostram que a irrigação é utilizada em uma área de 53.109,6 ha pertencentes a 797 UPAs de 70 municípios e a produção de mudas de qualidade ocorre em 108 viveiros com uma área total de 82,2 ha em 20 municípios da área de estudo (LUPA, 2014).

Em entrevistas com diversos citricultores da região e reuniões com técnicos de Cooperativas Agrícolas e da Coordenadoria de Assistência Técnica Integrada (CATI) de vários municípios ficou claro que os principais fatores responsáveis pela substituição das áreas cítricas pela cana-de-açúcar ou simplesmente abandono da cultura são baixa lucratividade do setor; dificuldade de contratação de mão de obra durante a colheita;

dificuldade para comercializar a safra e, principalmente, a alta incidência do *greening* durante o ciclo da cultura.

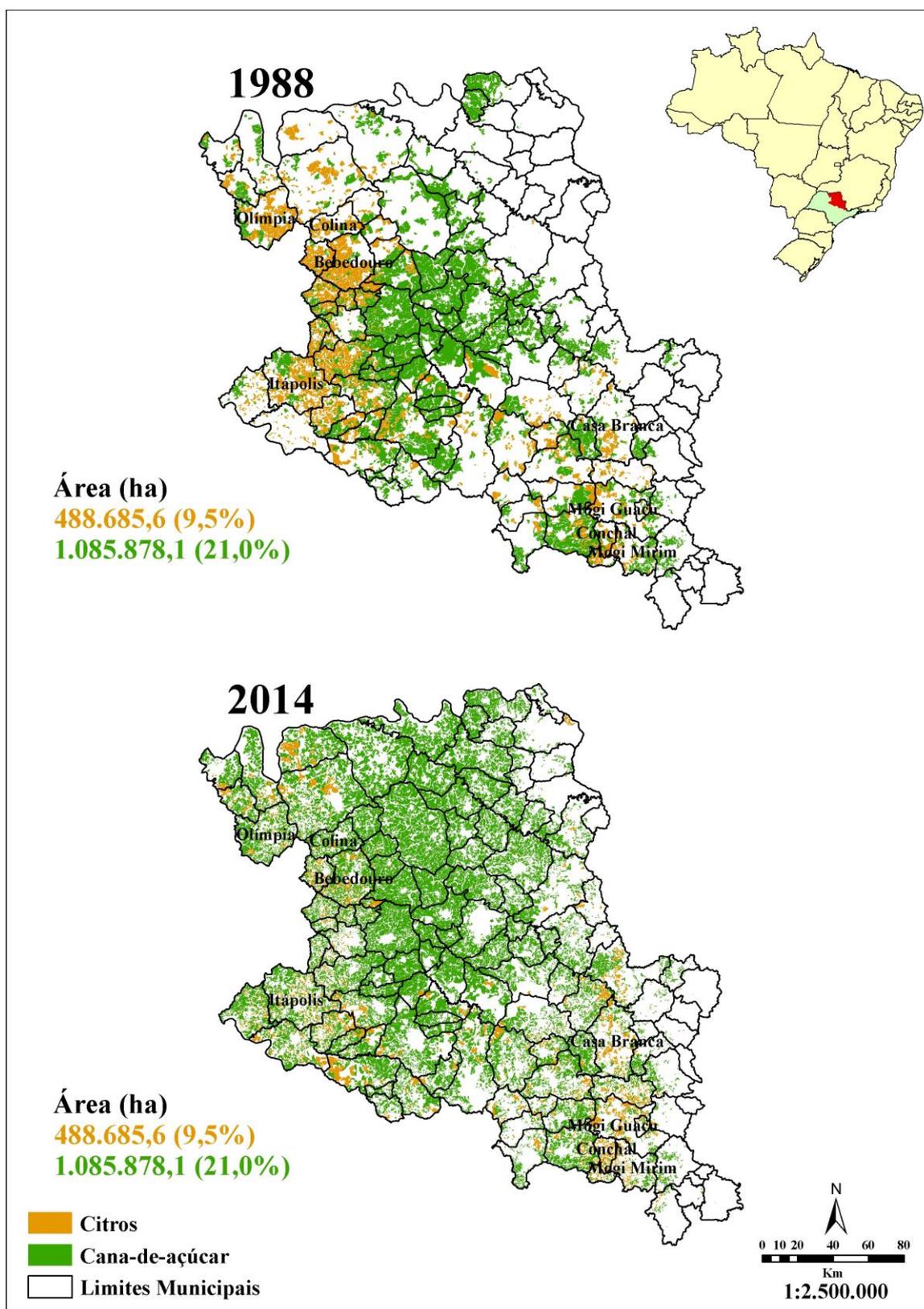


Figura 1 – Dinâmica da mudança de uso e cobertura das áreas de cana-de-açúcar e citros na Bacia dos rios Mogi-Pardo - SP entre os anos de 1988 e 2014.

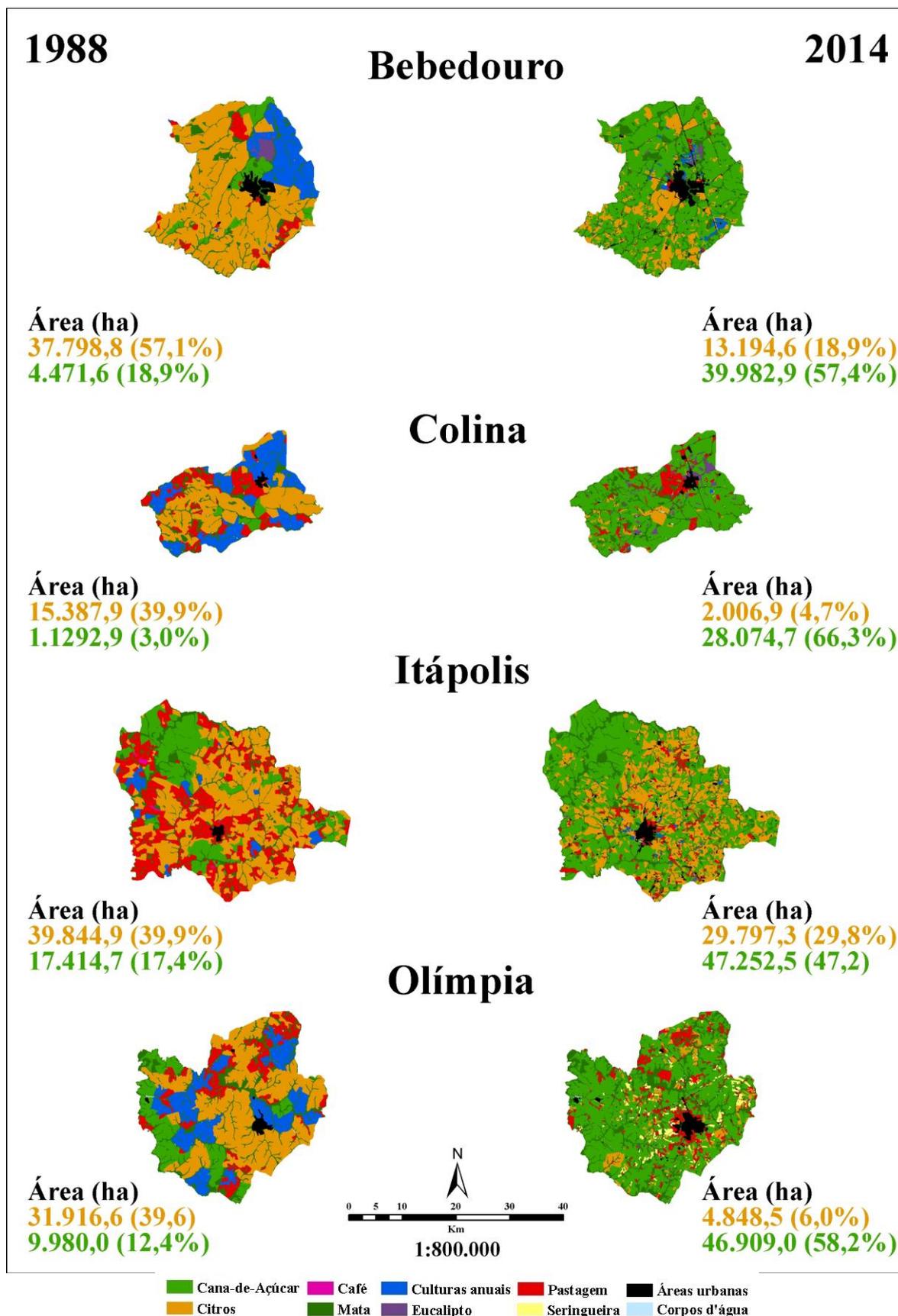


Figura 2 – Dinâmica da mudança de uso e cobertura das terras dos municípios de Bebedouro, Colina, Itápolis e Olímpia entre os anos de 1988 e 2014.

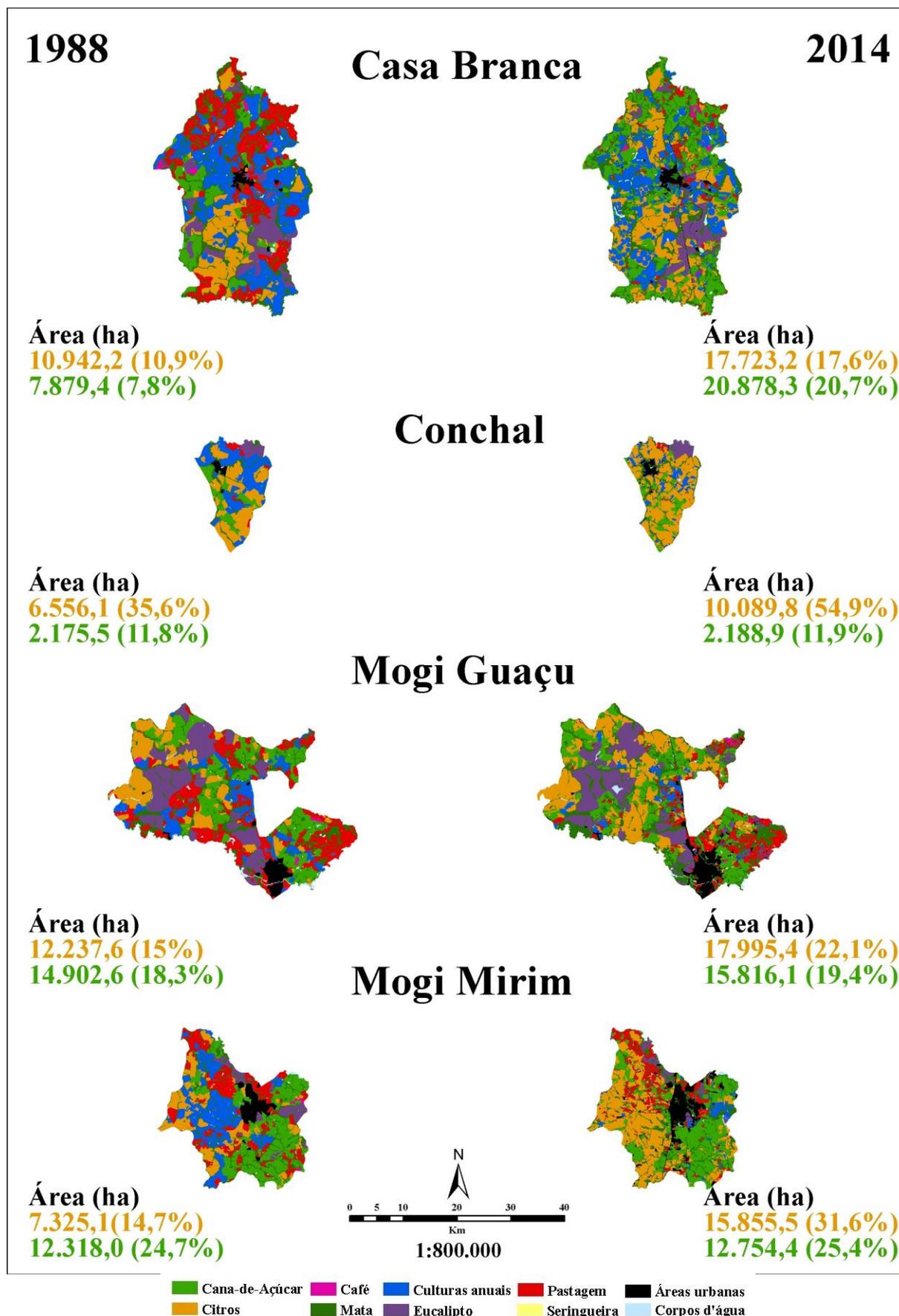


Figura 3 – Dinâmica da mudança de uso e cobertura das terras dos municípios de Casa Branca, Conchal, Mogi Guaçu e Mogi Mirim entre os anos de 1988 e 2014.

Quanto à redução das áreas de citros, conforme foi comentado anteriormente, Neves et al. (2010) afirmam que a indústria e grandes produtores são responsáveis por 54% de todos os pomares. Além disso, grande número desses pequenos agricultores arrenda ou vende suas propriedades para unidades do setor sucroenergético como mostra a Tabela 1. Em toda a região de estudo o número de UPAs que se dedicavam a citricultura diminuiu de 15.392 para 11.638 e as propriedades que se dedicavam a cana-de-açúcar aumentaram de 21.121 para 30.884 (Tabela 1).

As propriedades maiores que empregam tecnologias e geralmente têm tamanho ideal para um bom dimensionamento dos equipamentos, bem como poder de compra de insumos, são as que mantem-se no setor citrícola diante das margens apertadas de lucro e crescente incidência de doenças. Mogi Guaçu e Bebedouro são exemplos de municípios, não só na região, mas no Brasil, com elevada quantidade de áreas de citros irrigadas e os dados do LUPA (2014) demonstram que essa tecnologia é utilizada em sua grande maioria em propriedades com grandes áreas de citros. Mogi Guaçu é o município de maior área irrigada com 7.438,2 ha em apenas 24 UPAs, já Bebedouro apresenta uma área irrigada de 2.823,1 ha em 39 UPAs (LUPA, 2014). A grande área irrigada em pequeno número de UPAs mostra que esse tipo de manejo é praticado somente em grandes propriedades pertencentes as indústrias ou a grandes produtores individuais que com o aumento da produtividade conseguem permanecer na atividade.

Tabela 1 – Alternância do número de unidades produtivas (UPAs) e da Área total das unidades produtivas nas culturas de citros e cana-de-açúcar entre os anos de 1995 e 2014 em toda a Bacias do Mogi-Pardo e em oito municípios estudados.

Localidade	Anos	Citros		Cana-de-açúcar	
		Número de UPAS	Área total (ha)	Número de UPAS	Área total UPAS (ha)
<b>Região toda</b>	1995	15.392	1.049.811,7	21.121	2.635.414,2
	2014	11.638	708.101,8	30.884	3.351.328,4
<b>Bebedouro</b>	1995	643	51.004,6	279	29.183,0
	2014	404	35.868,4	633	53.564,1
<b>Colina</b>	1995	96	23.235,0	120	25.500,5
	2014	36	10.476,6	243	38.916,6
<b>Itápolis</b>	1995	1500	68.271,9	480	47.208,6
	2014	1357	47.847,6	706	57.352,8
<b>Olímpia</b>	1995	851	47.059,1	186	39.370,6
	2014	412	18.032,5	617	63.102,8
<b>Casa Branca</b>	1995	192	29.452,8	120	23.923,9
	2014	254	35.723,4	286	37.471,2
<b>Conchal</b>	1995	363	10.007,8	11	310,0
	2014	524	13.102,5	21	1.188,6
<b>Mogi Guaçu</b>	1995	244	25.361,1	78	14.356,0
	2014	234	27.198,7	136	16.049,4
<b>Mogi Mirim</b>	1995	565	19.368,1	98	11.522,9
	2014	734	21.008,1	120	12.614,6

#### 4. Conclusões

O uso de imagens de satélite com resolução espacial, espectral e temporal adequadas demonstrou ser eficiente ferramenta para identificar processos de conversão do uso e cobertura da terra.

Constatou-se que nos municípios tradicionalmente citrícolas da região 01 houve uma radical mudança para o cultivo da cana-de-açúcar.

A expansão citrícola na região 02 que se expandiu, principalmente sobre as áreas de culturas anuais, dá sinais que pode permanecer na Bacia estudada, porém serão necessários alguns anos para avaliar se a continuidade da baixa lucratividade no setor e uma possível melhora econômica e conseqüente expansão do setor sucroenergético não provocarão restrição no avanço ou mesmo diminuição da área citrícola.

A expansão da cana-de-açúcar reduziu a área citros e diminuiu o número de propriedades agrícolas que se dedicavam a citricultura, principalmente dos pequenos agricultores.

### **Agradecimentos**

A Embrapa pelo financiado do Projeto CARBCANA, a empresa AGROSATÉLITE e as instituições CATI e INPE.

### **Referências bibliográficas**

Adami, M.; Rudorff, B.F.T.; Freitas, R.M.; Aguiar, D.A. Sugawara, L. M.; Mello, M. P. Remote Sensing Time Series to Evaluate Direct Land Use Change of Recent Expanded Sugarcane Crop in Brazil. **Sustainability**, v 4, n. 4, p. 574-585, 2012.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira – laranja – safra 2013/2014 – segundo levantamento**. Brasília: Conab, 2014. 20p.

Neves, M. F.; Trombin, V. G.; Milan, P.; Lopes, F. F.; Cressoni, F.; Kalaki, R. **O retrato da citricultura brasileira**. Ribeirão Preto: Markestrat, 2010. 138 p.

Quartaroli, C. F.; Criscuolo, C.; Hott, M. C.; Guimarães, M. **Alterações no uso e cobertura das terras no Nordeste do Estado de São Paulo no período de 1988 a 2003**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006. 57 p., il. (Documentos, 55).

Rudorff, B. F. T.; Aguiar, D. A. ; Silva, W. F. ; Sugawara, L. M. ; Adami, M. ; Moreira, M. A. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. **Remote Sensing**, v 2, p. 1057-1076, 2010.

Secretaria de Agricultura e Abastecimento/ Coordenadoria de Assistência Técnica Integral/ Instituto de Economia Agrícola (SAA/ CATI/ IEA). **Projeto LUPA 1995 e 2014 (Dados não consolidados): Censo Agropecuário do Estado de São Paulo**. São Paulo: SAA/ CATI/ IEA, 2014.